

# KOORDINASI *SETTING* RELAI ARUS LEBIH PADA *INCOMING* 2 KUDUS TERHADAP *OUTGOING* KUDUS 5 DAN 6 YANG MENGGUNAKAN JARINGAN *DOUBLE CIRCUIT* DI GI 150 KV KUDUS

Sartika Kusuma Wardani, Subali  
Program Studi Diploma III Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

## ABSTRACT

*Sartika Kusuma Wardani, Subali, in paper coordination of flow over relay setting in incoming 2 kudas to outgoing 5 and 6 using double circuit network on GI 150 KV kudas explain that PT PLN make every effort to improve service to customers , one of them by increasing the reliability of the distribution of electrical energy . Reliability of the distribution network is very important for both consumers and PLN. One measure of the reliability of the system / network is a factor SAIDI (System Average Interruption Duration Index) and SAIFI (System Average Interruption Frequency Index). Steps that have been done one way to minimize the possibility of interference is by installing protective devices on medium voltage networks. However, installation of protection equipment is not enough if the relay setting coordination between the incoming and outgoing imprecise. In fact in recent months, an interruption in the feeder distribution network which affects the incoming relay tripnya due to failure of the feeder protection system. One of the events that have happened several times is the same disorder in a double feeder circuit (network supplied from a single source by using two networks ( two feeder ) were included in the bus and in 1 pole) and holy 5 and 6 which causes the incoming PMT trip. It is very risky to happen, because the resulting trip relays at all incoming feeder that gets supply voltage of the incoming. So it takes coordination of overcurrent relay settings right so that the incidence of the incoming trip Sacred 2 does not happen again .*

*Keywords: distribution, protection, relay settings, incoming, outgoing*

## PENDAHULUAN

Keandalan sistem tenaga listrik mulai dari pembangkitan sampai dengan distribusi sangat diperlukan baik oleh pelanggan maupun pemasok tenaga listrik dalam hal ini adalah PLN. Gangguan-gangguan sering dialami oleh jaringan yang terpasang di alam terbuka seperti saluran udara tegangan menengah 20 kV. Gangguan tersebut dapat menimbulkan gangguan hubung singkat antar fasa atau gangguan hubung singkat fasa ke tanah, akibatnya penyaluran tenaga listrik menjadi terganggu atau mengalami pemadaman.

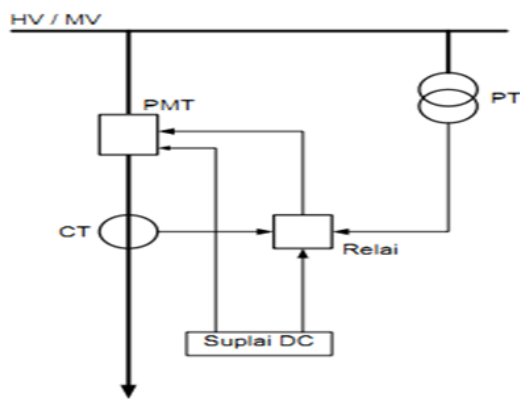
Keandalan dan kemampuan suatu sistem tenaga listrik dalam melayani konsumen sangat tergantung pada sistem proteksi yang digunakan. Dengan banyaknya gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi, jika koordinasi proteksi kurang baik dapat menyebabkan pemadaman yang meluas dan merusak peralatan yang dilalui arus gangguan. Maka dipasanglah peralatan proteksi, seperti relai arus lebih untuk mengamankan gangguan antar fasa dan relai gangguan tanah untuk mengamankan gangguan fasa tanah. Apabila koordinasinya tidak tepat maka keandalan sistem juga tidak baik. Peralatan pengaman ini harus dikoordinasikan untuk memastikan bahwa peralatan yang berada di titik terdekat dengan gangguan harus dioperasikan terlebih dahulu. Berdasarkan hal tersebut penulis mencoba untuk menyampaikan tentang gangguan yang terjadi pada jaringan *double circuit* (jaringan yang dipasok dari satu sumber dengan menggunakan dua buah jaringan (dua *feeder*)

yang masuk dalam satu bus serta dalam 1 tiang) pada penyulang Kudus yang menyebabkan PMT *incoming* (masukan) *trip* (lepas/open). Hal ini sangat riskan terjadi, karena *tripnya* relai *incoming* mengakibatkan *tripnya* semua penyulang yang mendapat *supply* tegangan dari *incoming* tersebut. Oleh karena itu penulis juga akan membahas tentang koordinasi *setting* relai pengaman yaitu relai arus lebih pada *incoming* 2 Kudus dan *outgoing* Kudus 5 dan 6.

## LANDASAN TEORI

### Sistem Proteksi

Sistem proteksi ialah cara untuk mencegah atau membatasi kerusakan peralatan terhadap gangguan, sehingga kelangsungan penyaluran tenaga listrik dapat dipertahankan. Sistem proteksi penyulang tegangan menengah ialah pengamanan yang terdapat pada sistem tegangan menengah di gardu induk dan pengaman yang terdapat pada jaringan tegangan menengah. Implementasi suatu sistem proteksi pada dasarnya diwujudkan sebagai rangkaian peralatan yang saling terkait dan bekerja sama. Rangkaian peralatan tersebut dinamakan *Fault Clearing System*.



Gambar 1. Fault Clearing System

### Relai

Relai merupakan peralatan pengambil keputusan dalam sistem proteksi. Dengan melihat masukan dari trafo instrumen dan mempertimbangkan *setting* pada relai tersebut, maka relai dapat mengambil keputusan untuk memberi order *trip* atau tidak kepada peralatan pemutus (PMT). Ada berbagai jenis relai pada sistem proteksi. Pada umumnya untuk proteksi pada sistem distribusi yang banyak digunakan adalah :

- Relai Arus Lebih / *Over Current Relay* (OCR)
- Relai Gangguan Tanah / *Ground Fault Relay* (GFR)

### Relai Arus Lebih (*Over Current Relay*)

Relai arus lebih merupakan peralatan yang mensinyalir adanya arus lebih. Pengaman OCR meliputi proteksi terhadap gangguan hubung singkat 3 fasa atau 2 fasa. Pemasangannya dapat di *incoming feeder*, di *outgoing feeder* atau di gardu hubung. Berdasarkan karakteristiknya, relai arus lebih diklasifikasikan :

- Relai arus lebih seketika (sesaat)  
Adalah relai arus lebih yang tidak mempunyai waktu tunda/waktu kerja sesaat/instant. Mempunyai waktu kerja sangat cepat/waktunya pendek (40-80 milli detik).
- Relai arus lebih dengan tunda waktu
  - Relai arus lebih tunda waktu *definite*  
Adalah OCR yang waktu kerjanya tidak tergantung dari arus gangguan. Relai ini memberikan perintah kepada PMT pada saat terjadi gangguan bila besar gangguannya melampaui arus

penyetelannya, dan jangka waktu relai ini mulai *pick up* sampai kerja diperpanjang dengan waktu tidak tergantung besarnya arus.

- Relai arus lebih tunda waktu *inverse*  
Setelan proteksi dengan mempergunakan karakteristik *inverse time relay* adalah karakteristik yang grafiknya terbalik antara arus dan waktu.

### Relai Hubung Tanah (GFR)

Relai hubung tanah yang lebih dikenal dengan GFR ( *Ground Fault Relay*) pada dasarnya berfungsi untuk mendeteksi adanya hubung singkat ke tanah.

### Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

- Perhitungan arus gangguan hubung singkat tiga fasa

$$I_{3 \text{ fasa}} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}}$$

- Perhitungan arus gangguan hubung singkat dua fasa

$$I_{2 \text{ fasa}} = \frac{V_{ph} - V_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}}$$

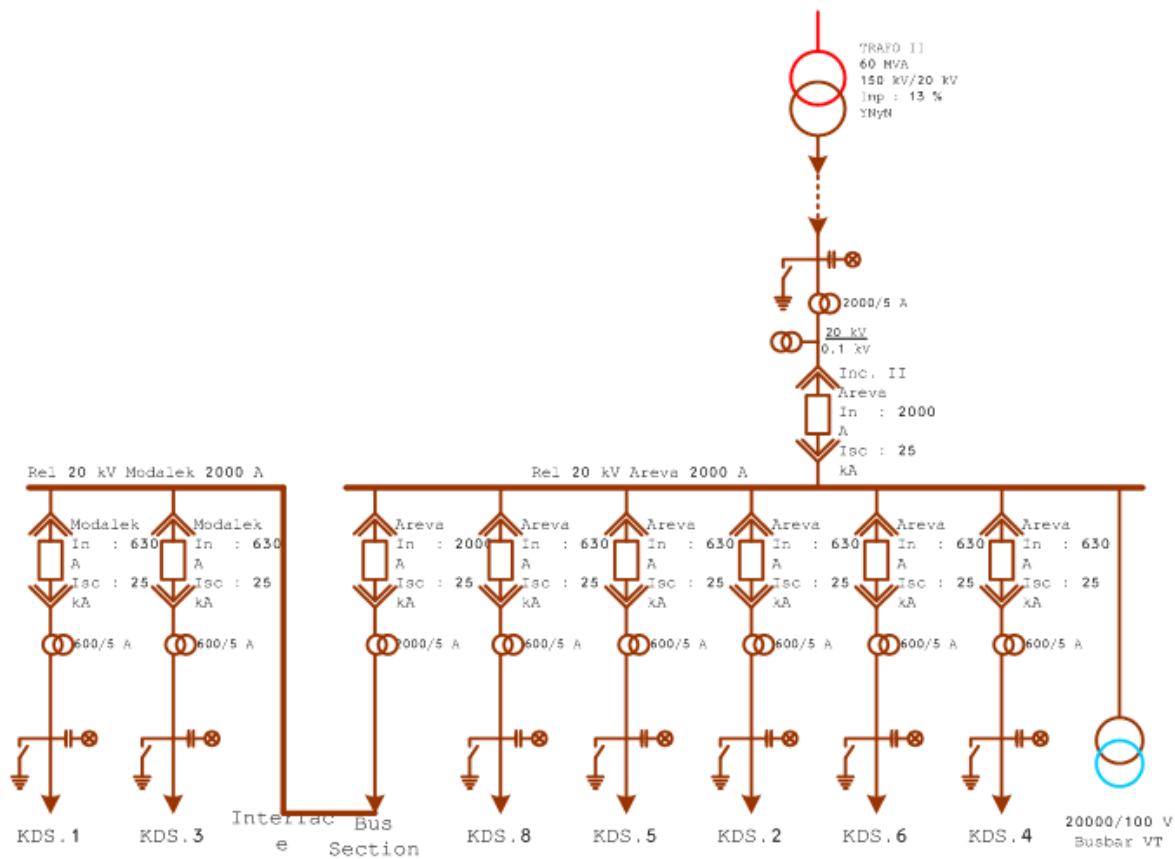
- Perhitungan arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

$$I_{1 \text{ fasa}} = \frac{3 \times V_{ph}}{2 \times Z_{1eq} + Z_{0eq}}$$

### CARA PENGAMATAN

#### Gardu Induk Kudus Trafo 2

Gardu induk Kudus mempunyai 2 buah trafo tenaga, yaitu trafo 2 Kudus dan trafo 3 Kudus. Trafo 2 Kudus memasok 7 penyulang. Yaitu penyulang KDS 2, KDS 4, KDS 5, KDS 6, KDS 8, KDS 1, dan KDS 3. Pada gardu induk Kudus terdapat penyulang yang menggunakan konstruksi jaringan *double circuit* (jaringan yang dipasok dari satu sumber dengan mempergunakan dua buah jaringan (dua *feeder*) yang masuk dalam satu bus serta dalam 1 tiang). Penyulang yang menggunakan konstruksi jaringan *double circuit* diantaranya adalah penyulang KDS 5 dan KDS 6 yang dipasok trafo 2 Kudus serta penyulang KDS 9 dan KDS 13 yang dipasok trafo 3 Kudus.



Gambar 2. Single Line Diagram Penyulang Trafo 2 GI Kudus

#### Data Trafo 2 Kudus

Merek : UNINDO  
 Daya : 60 MVA  
 Impedansi : 13%  
 Hub belitan trafo : YNYN

#### Data PMT Incoming 2 Kudus

Merek : AREVA  
 Rated voltage : 24 KV  
 Rated current : 2000 Ampere  
 Rated Isc : 25 KA/3sc

#### Data PMT Outgoing Kudus 5 dan 6

Merek : AREVA  
 Rated voltage : 24 KV  
 Rated current : 630 Ampere  
 Rated Isc : 25 KA/3 sc

#### Data CT Incoming 2 Kudus

Merek : ESITAS  
 Rasio : 2000/5  
 I thermal : 25 KA/1 sec  
 Class proteksi : 5P20

#### Data CT Outgoing Kudus 5 dan 6

Merek : ESITAS  
 Rasio : 600/5  
 I thermal : 25 KA/1 sec  
 Class proteksi : 5P20

#### HASIL PENGAMATAN

##### Analisa Gangguan Pada Penyulang Kudus

Gangguan yang terjadi pada penyulang Kudus berupa gangguan PMT *trip* pada *incoming* trafo 2 Kudus pada tanggal 26 Februari 2013 pukul 10.18. *Tripnya incoming* 2 Kudus menyebabkan 7 penyulang yang dipasok oleh trafo 2 Kudus padam. PMT *incoming trip* karena arus gangguan hubung singkat 3 fasa sebesar 7067,036 Ampere. Dengan gangguan sebesar 7067,036 Ampere, relai OCR pada *incoming* bekerja dalam waktu 0,3 detik. Untuk PMT pada *outgoing* belum *trip*, indikasinya relai *outgoing* masih dalam keadaan *pick up*. Dengan waktu kerja *delay* 0,9 detik.

Sedangkan di lapangannya pada jaringan sekitar jarak 4,2 km pada penyulang Kudus 5 dan Kudus 6 ditemukan penyebab gangguan PMT *incoming trip* berupa binatang burung dara dan tokek yang menyebabkan PMT *incoming* 20 kV *trip*. Dimana kedua binatang ini menyebabkan gangguan bersamaan pada penyulang Kudus 5 dan Kudus 6. Penyulang Kudus 5 dan Kudus 6 merupakan jaringan dengan konfigurasi *double circuit* (jaringan yang dipasok dari satu sumber yaitu trafo 2 dengan mempergunakan dua buah jaringan (dua *feeder*) yang masuk dalam satu bus serta dalam 1 tiang) sepanjang 5,4 km. Jaringan dengan konstruksi seperti ini sangat rawan apabila terjadi gangguan bersamaan.



Gambar 3. Jaringan Double Circuit

### Perhitungan Arus Hubung Singkat Penyulang Kudus 5 dan 6

Menghitung reaktansi sumber

$$X_s (\text{sisi } 20 \text{ kV}) = \frac{KVA^2 (\text{sekunder})}{MVA \text{ hubung singkat}}$$

$$X_s (\text{sisi } 20 \text{ kV}) = \frac{20 \text{ kV}^2}{6171,33 \text{ MVA}} = 0,0648158 \text{ Ohm}$$

Menghitung reaktansi trafo 2 Kudus

$$X_t (\text{pada } 100\%) = \frac{KV^2}{MVA}$$

$$X_t (\text{pada } 100\%) = \frac{20 \text{ kV}^2}{60 \text{ MVA}} = 6,667 \text{ Ohm}$$

Reaktansi urutan positif, negatif ( $X_{t1} = X_{t2}$ )

$$X_{t1} = 13\% \times 6,667 = 0,866666667 \text{ Ohm}$$

Reaktansi urutan nol ( $X_{t0}$ )

Karena trafo daya yang mensuplai penyulang Kudus mempunyai hubungan Ynyn maka besarnya :

$$X_{t0} = X_{t1} = 0,866666667 \text{ Ohm}$$

### Menghitung impedansi penyulang

Dari data yang diperoleh bahwa jenis penghantar yang digunakan pada penyulang Kudus menggunakan tipe kabel yaitu A3C 240 mm<sup>2</sup>.

Panjang penyulang = 20 km.

$$Z_1 = Z_2 = (0,1340 + j0,3158) \Omega / \text{km} \times 20 \text{ km} = 2,68 + j6,316 \text{ Ohm}$$

$$Z_0 = (0,3631 + j1,6180) \Omega / \text{km} \times 20 \text{ km} = 7,262 + j32,36 \text{ Ohm}$$

Perhitungan untuk impedansi penyulang pada jarak 0 % panjang penyulang:

$$Z_1 = 0\% \times (2,68 + j6,316) = 0 \text{ Ohm}$$

Menghitung impedansi ekivalen jaringan ( $Z_{1eq}$  dan  $Z_{2eq}$ )

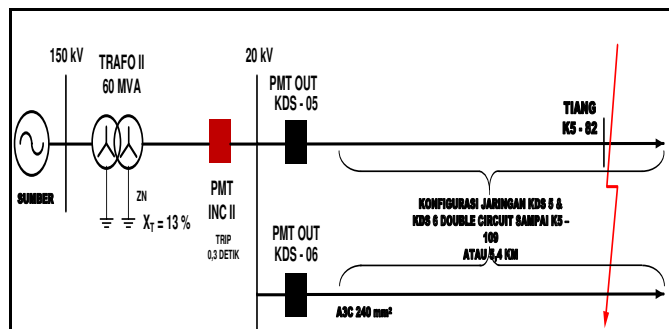
$$\begin{aligned} Z_{1eq} &= Z_{2eq} \\ &= X_s + X_{t1} + Z_1 \text{ penyulang (misal untuk jarak } 0\%) \\ &= j0,064815851 + j0,866666667 + 0 \\ &= j0,931482518 \end{aligned}$$

### Gangguan hubung singkat 3 fasa

Arus gangguan hubung singkat 3 fasa pada jarak 0% :

$$I_{3 \text{ fasa}} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}}$$

$$= \frac{20000 / \sqrt{3}}{0 + j0,931} = 12396,022 \text{ Ohm}$$



Gambar 4. Analisa Gangguan

Tabel 1. Arus Hubung Singkat Penyulang Kudus

Lokasi Gangguan		Gangguan		
Jarak (Km)	Jarak (%/)	3 Fasa	2 Fasa	1 Fasa
0	0%	12396,02164	10735,57454	12690,3686
1	5%	9204,500922	7971,558023	6901,6873
2	10%	7280,876084	6305,602733	4720,509
3	15%	6009,491767	5204,520345	3583,81967
4	20%	5110,987183	4426,37045	2887,4783
4,2	21%	4962,19673	4297,510475	2779,4124
5	25%	4443,850005	3848,596296	2417,4118

Dari tabel dan kurva di atas dapat dilihat bahwa besarnya arus gangguan hubung singkat 3 fasa pada penyulang Kudus 5 dan 6 pada jarak 4,2 km adalah 4962,19673 Ampere. Namun di lapangannya pada jarak sekitar 4,2 km, *incoming* merasakan arus gangguan hubung singkat sebesar 7067,036 Ampere. Hal ini dikarenakan gangguan yang terjadi adalah gangguan bersamaan pada jaringan *double circuit*.

#### Koordinasi Setting Relai Arus Lebih Antara Incoming 02 Terhadap Penyulang Kudus 5 dan 6

Setelan relai pada sisi *incoming* 20 kV Kudus trafo 2

T set = 1 detik pada I hubung singkat p-p tertinggi

I set = 1,2 x In trafo

$$= 1,2 \times 1732 = 2000 \text{ Ampere}$$

I *fault* 2 fasa terbesar = 10735,57 Ampere

$$Tms = \frac{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}{0,14} t$$

$$Tms = \frac{\left(\frac{10735,57}{2000}\right)^{0,02} - 1}{0,14} 1 = 0,244$$

Sedangkan setelan untuk I *highset incoming* 20 kV adalah :

I *highset* = 4 x In trafo

$$= 4 \times 1732$$

$$= 6900 \text{ Ampere}$$

t set = 0,4

➤ Setelan relai di sisi *outgoing* Kudus trafo 2

I set = 0,8 x rasio CT

$$= 0,8 \times 600 = 480 \text{ Ampere}$$

$$Tms = \frac{\left(\frac{10735,57}{480}\right)^{0,02} - 1}{0,14} 0,6 = 0,275$$

I moment = 3,2 x In trafo

$$= 3,2 \times 1732 = 5520 \text{ Ampere}$$

T moment = 0

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat setting relai *incoming* maupun *outgoing* Kudus sudah sesuai hitungan. Hanya terdapat selisih sedikit pada TMS. Dari tabel arus hubung singkat dan setting relai dapat kita buat untuk pemeriksaan waktu kerja relai, waktu kerja relai di *outgoing* Kudus 5 maupun Kudus 6 lebih cepat dibanding waktu kerja di *incoming* 2 Kudus dengan selisih waktu (*grading time*) semakin jauh letak gangguan maka semakin besar selisih waktu kerja relai di penyulang dengan waktu kerja di *incoming*. Setting di atas sudah tepat apabila gangguan hanya terjadi pada 1 *feeder* saja. Setting menjadi kurang tepat apabila terjadi gangguan bersamaan pada jaringan *double circuit* karena besar arus gangguan yang dirasakan *incoming* lebih besar dibanding *outgoing*.

Menurunkan settingan *instant* pada *outgoing* sebesar arus gangguan 2 fasa pada ujung jaringan *double circuit* yaitu pada jarak 5,4 km. Pada jarak 5,4 km besar arus hubung singkat 2 fasa sebesar 3657 Ampere. Settingan kita turunkan menjadi 3600. Tabel 3 menunjukkan tabel setting yang baru.

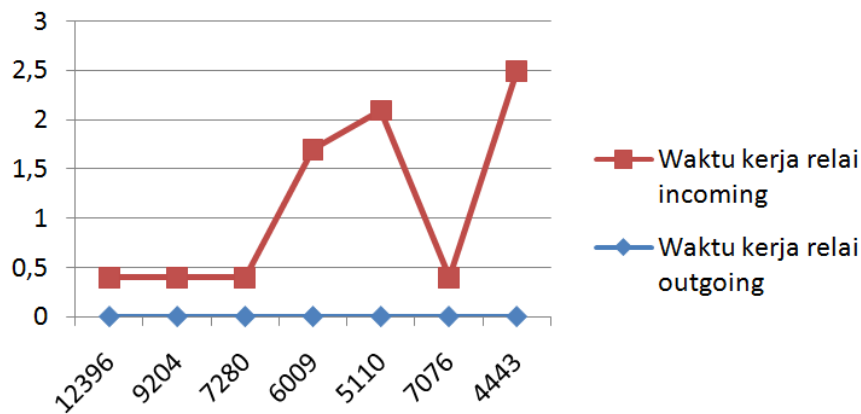
Setelah *setting instant outgoing* diturunkan, apabila terjadi gangguan seperti sebelumnya yaitu sebesar 7076 Ampere, waktu kerja relai *outgoing* lebih cepat dibanding *incoming*. Seperti yang terlihat pada gambar 5.

Tabel 2. Setting Relai OCR Trafo 2 Kudus

Lokasi Gi	Trafo	Feeder	Setting OCR				
			I> (A)	Tms	Kurva	I>> (A)	T>> (S)
KUDUS	TRAFO 2	INC 02	2000	0,25	SI	7000	0,4
		KDS 02	480	0,29	SI	5520	0
		KDS 04	480	0,29	SI	5520	0
		KDS 05	480	0,29	SI	5520	0
		KDS 06	480	0,29	SI	5520	0

Tabel 3. Resetting Relai

Arus	Feeder	Setting OCR				
		I> (A)	TMS	Kurva	I>> (A)	T>> (S)
6853	INC 02	2000	0,26	SI	6900	0,3
	KDS 05	480	0,29	SI	3600	0
	KDS 06	480	0,29	SI	3600	0



Gambar 5. Waktu Kerja Relai Untuk Gangguan Bersamaan Jarak 4,2 km

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

- Gangguan bersamaan pada jaringan *double circuit* Kudus 5 dan Kudus 6 pada jarak 4,2 km menyebabkan PMT *incoming* 2 Kudus *trip*. Indikasi relai pada *incoming* 2 Kudus ketika terjadi gangguan adalah OCR ABC *instant* dengan arus gangguan hubung singkat sebesar 7067,036 Ampere.
- Waktu kerja relai di *outgoing* Kudus 5 maupun Kudus 6 lebih cepat dibanding waktu kerja di *incoming* 2 Kudus dengan selisih waktu (*grading time*) semakin jauh letak gangguan maka semakin besar selisih waktu kerja relai di penyulang dengan waktu kerja di *incoming*. Waktu kerja tersebut sudah tepat apabila gangguan hubung singkat terjadi pada 1 *feeder* saja. Namun menjadi kurang tepat apabila terjadi gangguan bersamaan pada kedua *feeder* (jaringan *double circuit*).
- Salah satu cara agar gangguan *incoming trip* tidak terjadi lagi pada penyulang *double circuit* Kudus dengan menurunkan setingan *instant* pada *outgoing* sebesar arus gangguan hubung singkat 2 fasa pada ujung jaringan *double circuit* yaitu pada jarak 5,4 km.

### Saran

- Dalam mengubah *setting* relai pada suatu *incoming* atau *outgoing* harus berdasarkan pada suatu perhitungan yang benar.
- Perlu dilakukan koreksi ulang pada *setting* yang telah dipasang khususnya untuk jaringan dengan konfigurasi *double circuit* yang dipasang dari trafo yang sama. Hal ini dikarenakan jaringan dengan konfigurasi *double circuit* rawan terhadap gangguan hubung singkat. Sehingga nantinya ketika telah dilakukan koreksi ulang, diharapkan koordinasi relai bertambah baik.

## DAFTAR PUSTAKA

1. PT.PLN (Persero) Area Pengatur Distribusi Semarang. (t.t). **Resetting Relay APD & RJTD**. Semarang: PT.PLN (Persero) Area Pengatur Distribusi Semarang.
2. PT.PLN (Persero) Pusdiklat. (t.t). **Gangguan Pada Sistem Distribusi**. PT.PLN (Persero) Pusdiklat.
3. Sarimun, Wahyudi. 2012. **Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik**. Kota Depok : Garamond.
4. Sarimun, Wahyudi. 2008. **Pemilihan CT dan PT Untuk Meter Transaksi Tenaga Listrik**. PT.PLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan.